

Cause Analysis and Countermeasures of Engineering Accidents in Steel Structures

Cuili Li¹ Junli Li²

1. Shijiazhuang Construction Engineering Group Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

2. Shijiazhuang Construction Engineering Protection Equipment Co., Ltd., Shijiazhuang, Hebei, 050000, China

Abstract

In recent years, the steel structure building structure has been widely used. At the same time, the quality performance of the steel structure is not satisfactory, and there are various defects. Feeling this, this paper systematically introduces the types of steel structures, characteristics, as well as the accident cause analysis of the steel structure and the corresponding control points and corresponding quality assurance measures, for reference and discussion.

Keywords

steel structure; accident causes; quality assurance measures

钢结构发生工程事故原因分析及应对策略

李翠丽¹ 李军立²

1. 石家庄建工集团有限公司, 中国·河北 石家庄 050000

2. 石家庄建工防护设备有限公司, 中国·河北 石家庄 050000

摘 要

近年来钢结构建筑结构得到普遍应用, 与此同时, 钢结构的质量表现却不尽如人意, 存在着各种各样的缺陷, 有感于此, 论文系统地介绍了钢结构的类型、特点以及钢结构的事事故原因分析及应对控制要点和相应的质量保证措施, 以供参考和探讨。

关键词

钢结构; 事故原因; 质量保证措施

1 引言

钢结构材质均匀, 强度高, 塑性和韧性好, 还可和混凝土组合在一起形成组合, 如钢—混凝土组合梁柱、钢管混凝土、型钢混凝土构件等。有很多优点: 空间利用率高、建设工期短、环保、残值高等。在各类建筑结构中应用越来越广泛。但是钢结构也有其不足的地方: 耐腐蚀性差, 耐热但不耐火, 可能发生脆性断裂。这些缺陷可能造成事故。

2 钢结构的事事故

按破坏形式大致可分为: 钢结构强度破坏、钢结构疲劳破坏、钢结构失稳、钢结构脆性断裂、钢结构的腐蚀和钢结构温度破坏等几种。

【作者简介】李翠丽(1973—), 女, 中国河北石家庄人, 本科, 助理工程师, 从事土木工程研究。

2.1 钢结构强度破坏

强度破坏的特征是内力达到极限承载力, 有明显的变形。受压工件明显弯曲; 受拉构件明显延长, 截面变小; 组合受力构件则出现扭转、弯曲等变形特征。

强度破坏有明显的构件变形的先兆特征, 因此强度破坏又称为塑性破坏(延性破坏)。一般纯粹的强度破坏很少, 因破坏过程中的明显变形将引发其他类型的破坏。影响因素有很多: 钢材质量、低温、应力状态等。

2.2 钢结构疲劳破坏

钢材在反复荷载作用下, 结构的抗力及性能会发生变化, 强度将降低, 即低于一次静力荷载作用下的拉伸试验的极限强度。这种现象称钢材的疲劳。钢结构在工作期限内承受循环动力荷载集中应力的作用而发生疲劳破坏。钢结构构件的实际循环应力特征和实际循环次数超过设计时所采取的参数, 就可能发生疲劳破坏。疲劳破坏表现为突发的脆性

断裂。其破坏阶段分为裂纹的扩展和最后断裂两个阶段。

2.3 钢结构失稳

钢结构失稳是作用在结构上的外荷载尚未达到按强度计算得到的结构破坏荷载时,结构已不能承担并产生较大的变形,整个结构偏离原来的平衡位置而倒塌或倾覆。钢结构的失稳分为两类:丧失整体稳定性和丧失局部稳定性。两类失稳都将影响结构构件的正常使用,也可能引发其他形式的破坏。

2.4 钢结构脆性断裂

钢结构脆性破坏是极限状态中最危险的破坏形式之一。它的发生往往很突然,没有明显的塑性变形,而破坏时构件的应力很低,强度可能远远低于设计强度,有时只有其屈服强度的20%,钢材变形很小,没有任何先兆,这种破坏称为脆性破坏。

2.5 钢结构的腐蚀

钢材的抗腐蚀能力比较差,这一直是工程上关注的重要问题。腐蚀形成的“锈蚀”使钢结构脆性破坏的可能性增大,尤其是抗冷脆性能下降。一般来说钢结构下列部位容易发生锈蚀:埋入地下及地面附近部位,如柱脚可能遭受水或水蒸气侵蚀干湿交替又未包混凝土的构件;易集灰又湿度大的构件部位;降低结构承载力和可靠度。

2.6 钢结构温度破坏

钢材受温度的影响反应比较大,温度过高过低都会影响钢材的力学性能。钢材受热,当温度在200℃以内时,其主要力学性能,如屈服点和弹性模量降低不多。温度超过200℃后,材质发生较大变化,不仅强度逐步降低,还会发生蓝脆和徐变现象。温度达600℃时,钢材进入塑性状态不能继续承载。因此,《钢结构设计规范》规定钢材表面温度超过150℃后即需加以隔热防护,对需防火的结构,应按相关的规范采取防火保护措施。

在温度过低(负温状态)时,钢材会出现低温冷脆,韧性降低,钢构件冷作硬化和应变时效现象。特别是在有应力集中的钢结构构件中,可产生冷脆裂纹。这种冷脆可以在工作应力不变的条件下发生和发展,导致破坏^[1]。

3 钢结构事故发生的类型

整体事故:结构整体或局部倒塌。

局部事故:构件偏离设计位置;构件出现变形或位移;构件减少或丧失承载力;构件连接处开裂,松动或分层。

4 钢结构事故的原因

4.1 勘察阶段

在勘察阶段,勘察方法和勘察深度以及所依据的规范不正确会导致对地基作出错误的结论,如地质构造、岩土参

数、地下水情况;不良地质作用的描述;场地稳定性和适宜性评价等。这些都会导致设计因采用错误数据而出现设计缺陷,致钢结构基础沉降不均,从而影响钢结构变形失稳破坏发生事故。

4.2 设计阶段

在该阶段人为错误的影响是最主要的,包括设计人员经验及水平较低,过分依赖计算机,缺乏工程背景和经验,人工干预的能力较差。另外,在追求低用钢量或低造价的市场残酷竞争下导致结构的可靠性偏低。导致设计问题如:结构设计方案不合理;计算受力简图不合理,结构计算错误;对结构承受静荷载和动荷载估计不足;结构节点结构不合理,造成受力集中形成薄弱环节;基础设计不合理导致沉降不均;材料选择不当(如材料性质,强度、韧性、防腐、焊条及焊接方法等),对施工阶段的特点和使用阶段的特殊要求欠考虑;对使用期间生产工艺(震动、温度,腐蚀等)对结构的影响考虑不足;没有采用国家标准设计规范和行业设计规范规定^[2]。

4.3 加工制作阶段

没有严格按图纸要求进行加工制作,任意修改施工图;制作尺寸、角度有偏差过大(下料偏差,焊接后收缩量偏差、焊接变形、放样偏差,没有按实际需要加肋板、开孔、预起拱等工艺错误);焊接质量不合格(没按要求开坡口,焊条不合格,焊接高度不够,焊接角度不正确,没有焊透等);钢材不合格(材质错误、厚度达不到标准、强度、延伸率不合格);防腐(基层处理和防腐材料选择及施工)措施不合理,防温差(冬季焊接保温等)措施不合理;缺少熟练的技术工人和高素质的管理人员;存在偷工减料行为。

4.4 安装施工阶段

没有完整的施工方案;构件进场存放不当;安装施工工序不正确;临时支撑刚度不足,安装中的稳定性差;安装位置偏差,构件吊装变形;安装工具或测量设备有误差;现场焊接及螺栓施工质量达不到设计要求;不能严格遵守施工及验收规范和操作规程的相关规定;防火及防腐做法不达标;存在偷工减料行为。

4.5 使用阶段

使用不当引发过大的地基下沉;超载使用;使用条件恶劣(硫、氨等腐蚀气体浓度超标,高温、高湿,高盐高碱等环境);生产条件改变,但未进行必要的鉴定与加固;生产操作不当,造成构件或结构损坏但未及时修复;违反超荷载使用;集中受力导致个别构件变形;设备及工艺不合格(震动,冲击,高温等);定期维修及检查制度不落实;结构损伤后不及时维修或维修不合格;钢结构使用时间过长,构件

老化;不可抗力:如火灾、水灾、地震、爆炸等。

4.6 升级改造阶段

没有经原设计同意进行升级改造;任意开洞、局部改造削弱了构件截面和结构整体性,改变原结构受力状态;受荷载改变,打乱原结构杆件受力状态。

5 钢结构工程事故应对对策

5.1 精心细致做好钢结构工程的地质勘察工作

勘察的目的就是提出详细的岩土工程资料和设计、施工所需的岩土参数;对建筑地基作出岩土工程评价,并对地基类型、基础形式、地基处理和不良地质作用的防治提出建议。在地质勘察施工中,由于野外施工,条件相对恶劣,相关人员进行现场勘察时应严格执行制定的工程勘察施工方案。保证按照规范标准施工,严格施工工艺,做好钎探施工,另外要对于勘察使用的各种勘察仪器设备精心管理,保证设备、仪器正常使用。对实际工作过程中所产生的各种原始资料都要认真记录^[3]。

5.2 认真做好钢结构工程的设计工作

钢结构设计的基本方法为概率极限状态设计法和允许应力法。

5.2.1 做好钢结构的选型设计

依据从整体结构体系与分体系之间的力学关系、破坏机理、震害、试验现象和工程经验所获得的设计思想,从全局的角度来确定控制结构的布置及细部措施。

5.2.2 钢材的选择

为了保证钢结构安全可靠和用材经济合理,选择钢材时应考虑结构或构件的重要性;荷载性质;连接方法;结构所处的工作环境;钢材的厚度等因素。

5.2.3 节点的设计

钢结构设计中,连接节点的设计一直都是重要的内容之一。设计时节点选择合理,构造精确,即使构件超载,整个结构可以应力重新分布,建筑仍能安全使用。所以,我们选择的构造要点是受力明确;传力直接;构造简洁;所有聚于节点的杆件受力轴线,尽量交汇于节点中心;另外节点设计还得考虑便于制作和运输安装;便于后期维修;用材经济。

5.2.4 钢结构分析

结构分析通常为线弹性分析,条件允许时考虑 $P-\Delta$ 、 $P-\delta$, 利用软件进行几何非线性及钢材的弹塑性性能分析。对一些复杂结构要建模运行程序做详细结构分析。

5.2.5 钢结构截面选择

结构布置结束后,需对梁柱和支撑等的截面形状和尺寸进行初步估算和假定。钢梁可选槽钢、工字钢、热轧或焊

接 H 型钢截面等。根据荷载与支座情况,其截面高度通常在跨度的 $1/20 \sim 1/50$ 之间选择。柱截面按长细比预估,通常为 $50 < \lambda < 150$, 在中间值 100 向两侧优选。根据轴心受压、双向受弯或单向受弯的不同,可选择钢管或 H 型钢截面等。对应不同的结构,规范中对截面的构造要求有很大的不同。设计时应根据构件的受力情况,合理选择安全经济美观的截面。

5.2.6 钢结构支撑选择

在钢结构失稳事故中,支撑的破坏是很大原因之一。要充分考虑支撑受压部位或受弯部位的长细比。另外在结构不均匀沉降或荷载改变致使构件弯曲时,支撑的受力形式会发生改变,由轴心受拉变为轴心受压,或由轴心受压变为轴心受拉,甚至会有拉力,压力和弯曲受力的复合受力。作为结构中截面较小的薄弱支撑构件首先收到冲击,发生断裂、弯曲的现象,失去作用,造成结构失稳坍塌。

5.3 做好钢结构的加工质量

①认真审图,找出控制关键点,制定适宜的工艺技术。

②把好原材料质量,加强入库检验,对重要材料及构件取样进行性能复验。

③从钢材下料,焊接成形,预拼装到涂装,严格工序质量检验,将构件的尺寸偏差控制在标准范围内,并确保钢结构的累积偏差。严格控制工艺工装的正确选择。按设计要求对钢梁预起拱,设计没有要求的按照《GB50204—2002 工程施工质量验收规范》要求规定,超过 4m 的构建必须按照设计要求起拱;当设计无要求时按梁跨总长度的 $1/1000$ 起拱;正确校正构件的焊接变形;消除焊接及机械加工时产生的内应力。

④做好构件的防腐,构件加工完成并检测合格,进行防腐处理,根据设计施工图纸选择处理方式,基材表面除锈采用机械除锈还是喷砂或抛丸除锈,或采用化学处理方式。防腐涂层要在适宜的环境温度、湿度中进行。

严格控制钢结构的制作工艺,消除制作时的先天缺陷,为以后的使用提供坚实的基础。

5.4 做好钢结构的安装质量

①安装前,对构件的尺寸,有无变形,焊接质量,孔洞数量进行检查,对钢结构的变形,缺陷超出偏差时,应进行处理。对配件进行合格证、检验证明及实物进行检查,不合格的予以调换。

②在安装过程中,钢结构的轴线,垂直度和标高是基本内容。安装前对基础进行标高、轴线校对;严格按施工方案对构件进行预拼装,按要求起拱。

③按照吊装专项施工方案进行吊装。对临时支撑,拉

索加强检测,防止钢结构变形,倾覆。吊装就位后,焊接的接头保证焊接质量;螺栓采用扭力扳手紧固。钢结构一般采用大六角刚强螺栓。高强螺栓在初拧,复拧,终拧时,连接处的螺栓一般由螺栓群组中央由内向外对称拧紧。初拧,复拧,终拧应在同一天完成。

④安装过程勤监测,及时校正偏差。安装完成后,按国家相关标准予以验收。对重要的,有要求的焊缝质量进行无损探伤检查,并出具检测报告。

⑤做好钢结构的防腐处理。在运输,安装过程中,对磕碰部位进行防锈处理。根据设计要求,涂装规定的防腐防火涂料,达到标准的附着力和厚度。

6 结语

钢结构长期暴露在空气或有侵蚀气体环境,钢材会出

现腐蚀、变形或应力失效,使得钢结构过早破坏。因此,对钢结构的定期检查、维护和保养显得非常重要。钢结构的维护与保养主要有定期防锈防腐保护;定期防火处理保护;定期变形检测维护。在使用过程中,由于设备的更换、布局,梁柱的开孔洞和加固等改造,也应根据原设计图纸重新进行方案设计,保证结构的安全稳定。

参考文献

- [1] 黄开主,陈柳.关于钢结构工程的施工质量控制分析[J].信息周刊,2020(9):1.
- [2] 金文斌.谈建筑钢结构施工安全对策与质量控制[J].房地产世界,2021(9):3.
- [3] 路泽超,刘亚坤,郭俊平.某钢结构雕塑大旗倒塌原因鉴定分析[J].建筑安全,2020,35(4):4.